



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 28 549 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 01 L 23/427**  
H 01 L 23/36  
H 01 L 23/367  
H 02 M 1/00  
H 05 K 7/20

②1 Aktenzeichen: 196 28 549.6  
②2 Anmeldetag: 16. 7. 96  
④3 Offenlegungstag: 22. 1. 98

DE 196 28 549 A 1

⑦1 Anmelder:  
ABB Patent GmbH, 68309 Mannheim, DE

⑦2 Erfinder:  
Krämer, Wilhelm, Dipl.-Ing., 69207 Sandhausen, DE;  
Lienau, Wolfgang, Dr.-Ing., 69488 Birkenau, DE;  
Klaiber, Wolfram, Dipl.-Ing., 69502 Hemsbach, DE

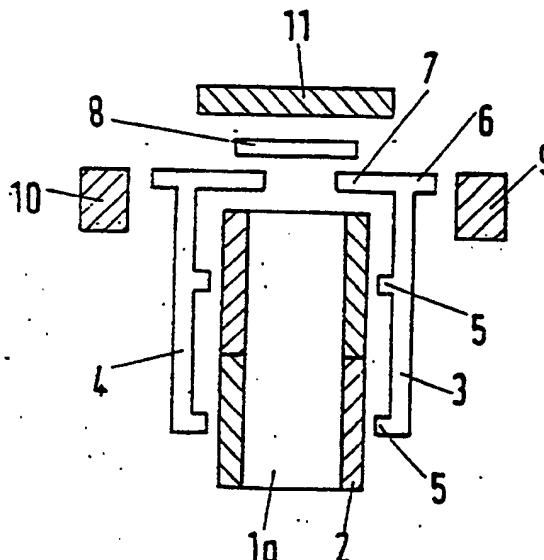
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	42 32 763 C2
DE	90 00 533 U1
AT	3 99 791 B
GB	22 38 167 A
GB	20 44 528 A
GB	22 71 679
US	52 76 584
EP	07 00 147 A1
WO	94 14 227 A1

TADROS, Y., et.al.: Three Level IGBT Inverters for Industrial Drives and Traction Applications. In: EPE-Journal, Vol. 4, No. 2, June 1994, S. 5-8;  
BEINHOLD, G., et.al.: Advanced IGBT PWM Inverter with High Power Transistor Modules. In: EPE-Journal, Vol. 4, No. 4, Dec. 1994, S. 38-42;

⑤4 Baukastensystem zur Bildung von Stromrichtergeräten unterschiedlicher Leistung und Kühlungsart

⑤7 Es wird ein Baukastensystem zur Bildung von Stromrichtergeräten unterschiedlicher Leistungen und Kühlungsarten vorgeschlagen, mit Luftkühlern (15 bis 20) verschiedener Höhe ( $a_1$ ,  $a_2$ ) für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern (2), vorzugsweise IGBT-Halbleitern, mit Flüssigkeitskühlern (21 bis 26) verschiedener Höhe ( $a_3$ ,  $a_4$ ) für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung, mit innerhalb der gleichen Leistungsklasse gleichen Multilayer-Stromschienen (3, 4), die sowohl zur Kontaktierung der Leistungshalbleiter unterschiedlicher Kühlungsart als auch für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung geeignet sind, mit in Abhängigkeit der Höhe ( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$ ) der Halbleiterkühler unterschiedlichen Multilayer-Querschienen (8), welche bei Duplex-Bestückung die Multilayer-Stromschienen (3, 4) verbinden, wobei die Multilayer-Stromschienen (3, 4) Anschlüsse (7) aufweisen, die sowohl zum Anschluß mit der Querschienen (8) als auch zum Anschluß einer Sensorgruppe (9) geeignet sind, mit innerhalb der gleichen Leistungsklasse gleichen Sensorgruppen (9, 10) für die Strom- und Spannungsmessung und mit einer gleichen Ansteuergruppe (11) für unterschiedliche Kühlungsarten, für Ein-Ebenen-Bestückung und Duplex-Bestückung.



DE 196 28 549 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 97 702 064/132

7/28

Die Erfindung bezieht sich auf ein Baukastensystem zur Bildung von Stromrichtergeräten unterschiedlicher Leistung und Kühlungsart. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet sind elektrische Schienenfahrzeuge.

Ein Stromrichtergerät mit flüssigkeits- oder luftgekühlten Leistungshalbleitern, insbesondere IGBT-Modulen ist aus der DE 44 12 990 A1 bekannt. Dort wird eine Stromrichteranlage mit flüssigkeits- oder luftgekühlten Leistungshalbleitern und Gleichspannungszwischenkreis vorgeschlagen, wobei die Kondensatorbatterie des Gleichspannungszwischenkreises in zwei Teil-Kondensatorbatterien aufgeteilt ist. Die Leistungshalbleiter sind auf beiden Hauptoberflächen einer Kühltische angeordnet. Eine erste Längsverschienenung ist mit elektrischen Anschlüssen der ersten Teil-Kondensatorbatterie und den elektrischen Anschlüssen der auf der ersten Hauptoberflächen der Kühltische angeordneten ersten Leistungshalbleiter verbunden. Eine zweite Längsverschienenung ist mit den elektrischen Anschlüssen der zweiten Teil-Kondensatorbatterie und den elektrischen Anschlüssen der auf der zweiten Hauptoberfläche der Kühltische angeordneten zweiten Leistungshalbleiter verbunden. Eine Querverschienenung verbindet die Gleichspannungspotentiale beider Längsverschienenungen, wobei das aus den beiden Längsverschienenungen und der Querverschienenung bestehende Verbindungsschienenensystem sowie die beiden Teil-Kondensatorbatterien jeweils parallel zur Kühltische verlaufen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System anzugeben, das in einfacher und preiswerter Art und Weise die Schaffung von Stromrichtergeräten unterschiedlicher Leistung und Kühlungsart ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Baukastensystem zur Bildung von Stromrichtergeräten unterschiedlicher Leistungen und Kühlungsarten gelöst, mit Luftkühlern verschiedener Höhe für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern, vorzugsweise IGBT-Halbleitern, mit Flüssigkeitskühlern verschiedener Höhe für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern, mit innerhalb der gleichen Leistungsklasse gleichen Multilayer-Stromschienen, die sowohl zur Kontaktierung der Leistungshalbleiter unterschiedlicher Kühlungsart als auch für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern geeignet sind, mit in Abhängigkeit der Höhe der Halbleiterkühler unterschiedlichen Multilayer-Querschienen, welche bei Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern die Multilayer-Stromschienen verbinden, wobei die Multilayer-Stromschienen Anschlüsse aufweisen, die sowohl zum Anschluß mit der Querschienen als auch zum Anschluß einer Sensorgruppe geeignet sind, mit innerhalb der gleichen Leistungsklasse gleichen Sensorgruppen für die Strom- und Spannungsmessung, die sowohl zur Kontaktierung der Multilayer-Stromschienen bei unterschiedlicher Kühlungsart als auch für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung geeignet sind und mit einer gleichen Ansteuergruppe für unterschiedliche Kühlungsarten, für Ein-Ebenen-Bestückung und Duplex-Bestückung.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß mit dem vorgeschlagenen Baukastensystem Stromrichtergeräte mit gestaffelter Kühlleistung für Flüssigkeitskühlung oder Luftkühlung geschaffen werden. Die Leistungshalbleiter können in ei-

ner, in zwei oder in drei Reihen auf der Hauptoberfläche des Halbleiterkühlers angeordnet sein. Es kann je nach geforderter Leistung eine einseitige oder doppelseitige Bestückung des Halbleiterkühlers erfolgen. Innerhalb einer Leistungsklasse sind die Multilayer-Stromschienen zum Kontaktieren der Leistungshalbleiter für unterschiedliche Leistungen, Bestückungsanordnungen und Kühlungsarten universell geeignet, genauso wie die Sensorgruppen und die Ansteuergruppe.

Das vorgeschlagene Baukastensystem ermöglicht die preiswerte Realisierung von Stromrichtergeräten unterschiedlicher Leistung und Kühlungsart unter Einsatz von standardisierten Baukomponenten. Auf diese Weise können beispielsweise Stromrichtergeräte für Schienenfahrzeuge in einem breiten Leistungsbereich (von der Straßenbahn bis zum Triebkopf eines Hochgeschwindigkeitszuges) und unterschiedlicher Stromrichter-Kühlungsart geschaffen werden. Unterschiedliche Konstruktionskonzepte — bezogen auf die Leistungsklasse und die Anwendungsart (welche die erforderliche Stromrichter-Kühlungsart bestimmt) — sind nicht mehr erforderlich.

Insgesamt wird als Folge der verstärkt möglichen Serienfertigung von Baukomponenten eine hohe Rationalisierungsrate bei der Schaffung von Stromrichtergeräten erzielt. Der zur Schaffung von Stromrichtergeräten für ein sehr breites Leistungsspektrum und unterschiedliche Kühlungsarten erforderliche Entwicklungsaufwand wird stark reduziert.

Die zur Ersatzteilbevorratung notwendige Anzahl an unterschiedlichen Baukomponenten wird beträchtlich herabgesetzt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

Fig. 1, 2 den prinzipiellen Aufbau eines Stromrichtergerätes des Baukastensystems,

Fig. 3 ein Stromrichtergerät mit Flüssigkeitskühler in perspektivischer Darstellung,

Fig. 4 bis 6 Baukomponenten für Stromrichtergeräte unterschiedlicher Leistungsklassen,

Fig. 7 eine Sicht auf die Stirnseite eines Stromrichtergerätes mit einem Luftkühler,

Fig. 8 ein Stromrichtergerät mit Luftkühler in perspektivischer Darstellung.

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Stromrichtergerätes des Baukastensystems, wobei die einzelnen Baukomponenten im Sinne einer Explosionszeichnung mit Abstand voneinander dargestellt sind. Zentrale Baukomponente des Stromrichtergerätes ist ein wahlweise als Luftkühler oder als Flüssigkeitskühler (vorzugsweise unter Verwendung von Brauchwasser) ausgebildeter Halbleiterkühler 1a, dessen Hauptoberflächen beidseitig (Duplex-Technik) mit Leistungshalbleitern 2, vorzugsweise IGBT-Modulen bestückt sind. Die elektrische Verbindung der Leistungsanschlüsse der Leistungshalbleiter 2 erfolgt über Multilayer-Stromschienen 3, 4, welche parallel zu den beiden zur Kühlung herangezogenen Hauptoberflächen des Halbleiterkühlers angeordnet sind und Leistungshalbleiter-Anschlüsse 5 aufweisen. Die Verbindung beider Stromschienen 3, 4 untereinander zu einem Verbindungsschienenensystem erfolgt über eine Multilayer-Querschienen 8, welche mit Anschlüssen 7 der Multilayer-Stromschienen 3, 4 kontaktiert ist.

Seitlich neben den Multilayer-Stromschienen 3, 4 sind Sensorgruppen 9, 10 angeordnet, deren elektrische Anschlüsse mit Sensor-Anschlüssen 6 der Multilayer-Stromschienen 3, 4 kontaktiert sind. Vorzugsweise ent-

hält eine der Sensorgruppen die zur Strommessung und die andere Sensorgruppe die zur Spannungsmessung erforderlichen Baukomponenten (Stromwandler, Spannungswandler). Oberhalb der Multilayer-Querschene 8 befindet sich eine Ansteuer-Gruppe 11 für die Ansteuerung der Leistungshalbleiter — vorzugsweise Gate-Unit-Gruppe — wobei die elektrischen Anschlüssen zu den Leistungshalbleitern vorzugsweise über flexible Leitungen und Kabelsteckkontakte erfolgen.

In Fig. 2 ist ein Stromrichtergerät gezeigt, dessen Halbleiterkühler 1b lediglich halb so hoch ausgebildet ist wie der Halbleiterkühler 1a gemäß Fig. 1. Dementsprechend ist der Halbleiterkühler 1b lediglich einseitig (Ein-Ebenen-Technik) mit Leistungshalbleitern 2 bestückt und die abführbare Wärmeleistung ist lediglich halb so groß wie diejenige des Stromrichtergerätes nach Fig. 1. Für die elektrische Kontaktierung der Leistungshalbleiter und zur Bildung des Verbindungsschienensystems ist lediglich eine Multilayer-Schiene 4 mit Leistungshalbleiter-Anschlüssen 5 erforderlich, die weitere Multilayer-Schiene 3 und die Multilayer-Querschene 8 entfallen. Der Anschluß der Sensorgruppe 10 erfolgt wie auch beim Stromrichtergerät gemäß Fig. 1 über den Sensor-Anschluß 6. Die weitere Sensorgruppe 9 ist im Unterschied zur Variante nach Fig. 1 mit dem Anschluß 7 kontaktiert. Die Ansteuer-Gruppe 11 ist parallel zur Hauptoberfläche des Kühlers angeordnet.

In Fig. 3 ist das vorgeschlagene Stromrichtergerät in Duplex-Technik in perspektivischer Darstellung und teilweise als Explosionszeichnung mit Abstand der Baukomponenten voneinander gezeigt. Es sind der Halbleiterkühler 1a mit Leistungshalbleitern 2, das Verbindungsschienensystem mit Multilayer-Stromschienen 3, 4 sowie Multilayer-Querschene 8, die Anschlüsse 6, die Sensorgruppen 9, 10 und die Ansteuergruppe 11 zu erkennen. Der Halbleiterkühler 1a ist unter Einsatz einer Kühler-Halterung 12 montiert, welche Anschlußstutzen für die Kühlflüssigkeitszufuhr und -rückleitung oder für die Luftzufuhr und -abfuhr aufweist, je nachdem, ob es sich um einen Flüssigkeits- oder Luftkühler handelt (im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 handelt es sich um einen Flüssigkeitskühler). Beidseitig des Halbleiterkühlers 1a sind Kondensator-Gruppen 13 angeordnet. Eine Abdeckplatte 14 schließt das Stromrichtergerät oberhalb der Ansteuer-Gruppe 11 nach außen hin ab.

In den Fig. 4 bis 6 sind Baukomponenten für Stromrichtergeräte unterschiedlicher Leistungsklassen sowie die entsprechenden Leistungshalbleiter-Anordnungen (Anschlußbelegung) dargestellt. Jede der Fig. 4 bzw. 5 bzw. 6 ist zeilenweise in sieben Abschnitte aufgeteilt, wobei im ersten zeilenweisen Abschnitt Luftkühler 15 bzw. 16 bzw. 17 für die Ein-Ebenen-Bestückung mit Leistungshalbleitern, in der zweiten Zeile Luftkühler 18 bzw. 19 bzw. 20 für die Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern, in der dritten Zeile Flüssigkeitskühler 21 bzw. 22 bzw. 23 für die Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern, in der vierten Zeile Flüssigkeitskühler 24 bzw. 25 bzw. 26 für die Ein-Ebenen-Bestückung mit Leistungshalbleitern, in der fünften Zeile die Anordnung der Leistungshalbleiter bei Duplex-Bestückung bei Sicht auf die Stirnseite der Leistungshalbleiter (die Lage der Halbleiterkühler ist strichpunktiert angedeutet), in der sechsten Zeile die Anordnung der Leistungshalbleiter bei Ein-Ebenen-Bestückung bei Sicht auf die Stirnseite der Leistungshalbleiter und in der siebten Zeile die Anordnung der Leistungshalbleiter bei Sicht auf die elektrische Anschlußebene der Leistungshalbleiter 2 (Anschlußbelegung) zu erkennen sind.

In jeder Leistungsklasse ist die Halbleiteranordnung (Abstände zwischen den Modulen, Anschlußmuster der elektrischen Anschlüsse) für Luft- oder Flüssigkeitskühlung, für Ein-Ebenen-Anordnung und für Duplex-Anordnung gleich. Es werden stets die gleichen Sensorgruppen 9, 10 und die Ansteuergruppe 11 verwendet. Beim Stromrichtergerät gemäß Fig. 4 sind bei der Ein-Ebenen-Anordnung vier Leistungshalbleiter und bei der Duplex-Anordnung acht Leistungshalbleiter notwendig. Das Stromrichtergerät gemäß Fig. 5 erfordert acht Leistungshalbleiter bei der Ein-Ebenen-Anordnung (zwei Reihen mit je vier Leistungshalbleitern) und sechzehn Leistungshalbleiter bei der Duplex-Anordnung. Beim Stromrichtergerät gemäß Fig. 6 sind bei der Ein-Ebenen-Anordnung zwölf Leistungshalbleiter (drei Reihen mit je vier Leistungshalbleitern) und bei der Duplex-Anordnung vierundzwanzig Leistungshalbleiter notwendig.

Die Luftkühler 18 ... 20 für die Duplex-Anordnungen bestehen vorzugsweise aus zwei spiegelbildlich zusammengesetzten, innere Kühlkanäle aufweisenden Luftkühlern 15 ... 17 für die Ein-Ebenen-Anordnungen (siehe die gestrichelt angedeuteten Verbindungs/Trennungsebenen). In gleicher Art und Weise können auch die Flüssigkeitskühler 21 ... 23 für Duplex-Anordnungen aus zwei Flüssigkeitskühlern 24 ... 26 für die Ein-Ebenen-Anordnungen zusammengesetzt sein, wobei die Flüssigkeitskühler vorzugsweise in Gegenstromtechnik von der Kühlflüssigkeit durchströmt werden.

Die Flüssigkeitskühler 22, 23, 25, 26 der höheren Leistungsklassen sind vorzugsweise aus zwei oder drei Flüssigkeitskühlern 21, 24 der unteren Leistungsklasse zusammengesetzt. So besteht der Flüssigkeitskühler 22 aus zwei Flüssigkeitskühlern 21 bzw. vier Flüssigkeitskühlern 24, der Flüssigkeitskühler 23 aus drei Flüssigkeitskühlern 21 bzw. sechs Flüssigkeitskühlern 24, der Flüssigkeitskühler 25 aus zwei Flüssigkeitskühlern 24 und der Flüssigkeitskühler 26 aus drei Flüssigkeitskühlern 24, wie aus den Fig. 4 bis 6 zu erkennen ist. Wird die Breite der Flüssigkeitskühler 21, 24 mit  $b_1$  bezeichnet, so weisen die Flüssigkeitskühler 22, 25 die Breite  $b_2 = 2 b_1$  und die Flüssigkeitskühler 23, 26 die Breite  $b_3 = 3 b_1$  auf.

Die Höhe der Luftkühler 15 ... 17 ist mit  $a_1$ , die Höhe der Luftkühler 18 ... 20 ist mit  $a_2$  ( $a_2 = 2 a_1$ ), die Höhe der Flüssigkeitskühler 21 ... 23 ist mit  $a_3$  und die Höhe der Flüssigkeitskühler 24 ... 26 ist mit  $a_4$  ( $a_3 = 2 a_4$ ) bezeichnet. Die durch die unterschiedlichen Höhen  $a_1$  ...  $a_4$  der Kühler bedingten unterschiedlichen Breiten des Verbindungsschienensystems bei den Duplex-Anordnungen werden durch Multilayer-Querschienen 8 unterschiedlicher Abmessungen realisiert, so daß trotz unterschiedlicher Leistungen der Stromrichtergeräte und unterschiedlicher Kühlungsart (Luft- oder Flüssigkeitskühlung) innerhalb einer Leistungsklasse stets die gleichen Multilayer-Stromschienen 3, 4 verwendet werden können.

In Fig. 7 ist eine Sicht auf die Stirnseite eines Stromrichtergerätes mit einem Luftkühler dargestellt. Das Stromrichtergerät weist einen Luftkühler 16 in Ein-Ebenen-Technik (siehe erste Zeile der Fig. 5) auf. Es sind die Leistungshalbleiter 2, die Multilayer-Stromschiene 4 mit Leistungshalbleiter-Anschlüssen 5 und Sensor-Anschlüssen 6, 7, die Sensorgruppen 9, 10, die Ansteuergruppe 11 sowie die Kondensator-Gruppe 13 zu erkennen.

In Fig. 8 ist ein Stromrichtergerät mit Luftkühler und Duplex-Technik in perspektivischer Darstellung gezeigt. Es sind der Luftkühler 19 (siehe auch Fig. 5, zweite

Zeile) mit Kühler-Halterung 12, die Sensor-Anschlüsse 6 für die Sensorgruppe 9, die Ansteuer-Gruppe 11 mit Abdeckplatte 14 und die Kondensator-Gruppe 13 zu erkennen. Bei Vergleich mit dem in Fig. 3 dargestellten Stromrichtergerät fällt die gleichartige Ausbildung der Stromrichtergeräte sowohl für Luftkühlung als auch für Flüssigkeitskühlung auf. Ein wesentlicher Unterschied besteht lediglich bei den Anschlußstutzen der Kühler-Halterungen 12, welche beispielsweise entweder als Anschlußstutzen für die Flüssigkeitsheizung eines Schienenfahrzeuges oder als Anschlußstutzen für die Luftheizung eines Schienenfahrzeuges ausgebildet sind.

#### Patentansprüche

1. Baukastensystem zur Bildung von Stromrichtergeräten unterschiedlicher Leistungen und Kühlungsarten, mit Luftkühlern (15 bis 20) verschiedener Höhen ( $a_1, a_2$ ) für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern (2), vorzugsweise IGBT-Halbleitern, mit Flüssigkeitskühlern (21 bis 26) verschiedener Höhen ( $a_3, a_4$ ) für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern, mit innerhalb der gleichen Leistungsklasse gleichen Multilayer-Stromschienen (3, 4), die universell sowohl zur Kontaktierung der Leistungshalbleiter unterschiedlicher Kühlungsart als auch für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern geeignet sind, mit in Abhängigkeit der Höhe ( $a_1, a_2, a_3, a_4$ ) der Halbleiterkühler unterschiedlichen Multilayer-Querschienen (8), welche bei Duplex-Bestückung mit Leistungshalbleitern die Multilayer-Stromschienen (3, 4) verbinden, wobei die Multilayer-Stromschienen (3, 4) Anschlüsse (7) aufweisen, die wahlweise zum Anschluß mit der Querschiene (8) als auch zum Anschluß einer Sensorgruppe (9) geeignet sind, mit innerhalb der gleichen Leistungsklasse gleichen Sensorgruppen (9, 10) für die Strom- und Spannungsmessung, die universell sowohl zur Kontaktierung der Multilayer-Stromschienen (3, 4) bei unterschiedlicher Kühlungsart als auch für Ein-Ebenen-Bestückung oder Duplex-Bestückung geeignet sind und mit einer gleichen Ansteuergruppe (11) für unterschiedliche Kühlungsarten, für Ein-Ebenen-Bestückung und Duplex-Bestückung.
2. Baukastensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftkühler (18 bis 20) bzw. Flüssigkeitskühler (21 bis 23) für doppelseitige Bestückung mit Leistungshalbleitern aus zwei spiegelbildlich zusammengesetzten Luftkühlern (15 bis 17) bzw. Flüssigkeitskühlern (24 bis 26) für einseitige Bestückung mit Leistungshalbleitern derart zusammengefügt sind, daß sich eine doppelte Höhe dieser Kühler ergibt.
3. Baukastensystem nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeitskühler (22, 23, 25, 26) der höheren Leistungsklassen aus mindestens zwei Flüssigkeitskühlern (21, 24) der unteren Leistungsklasse derart zusammengesetzt sind, daß sich mehrfache Breiten dieser Flüssigkeitskühler ergeben.

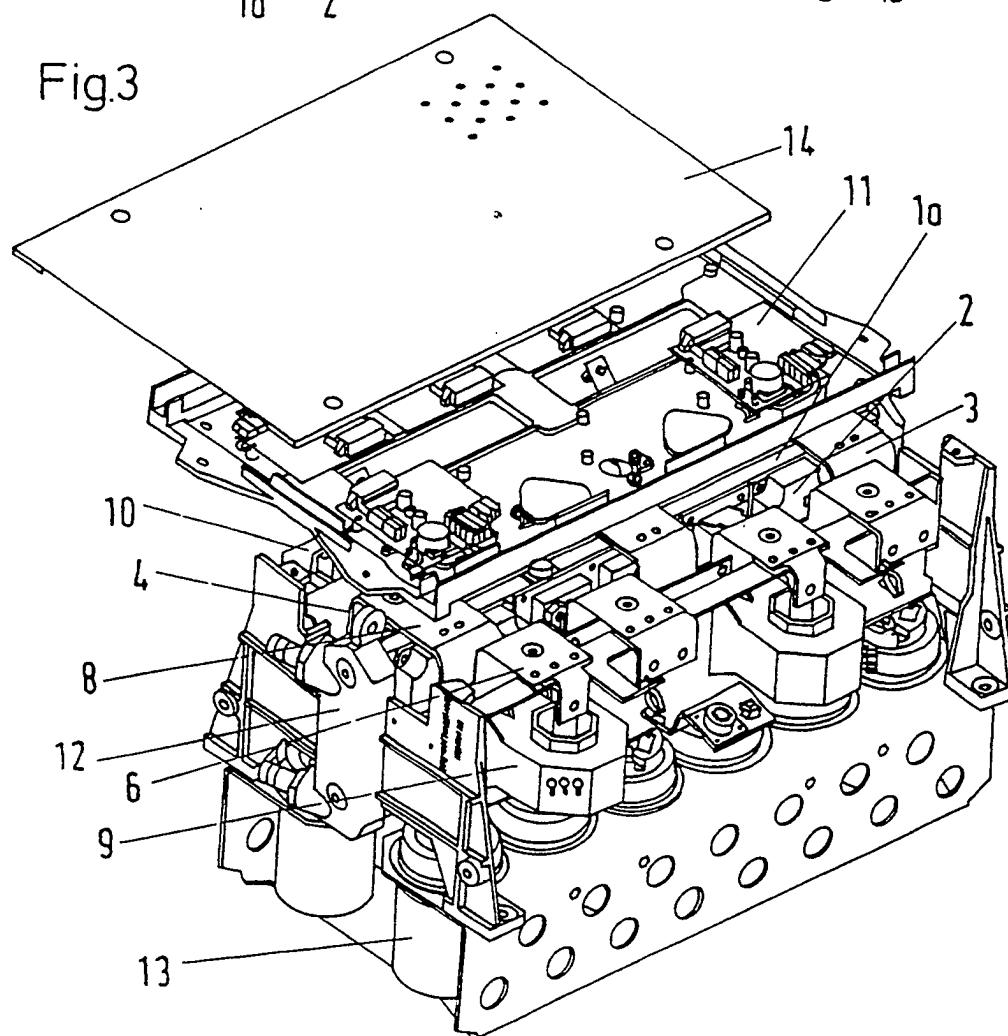
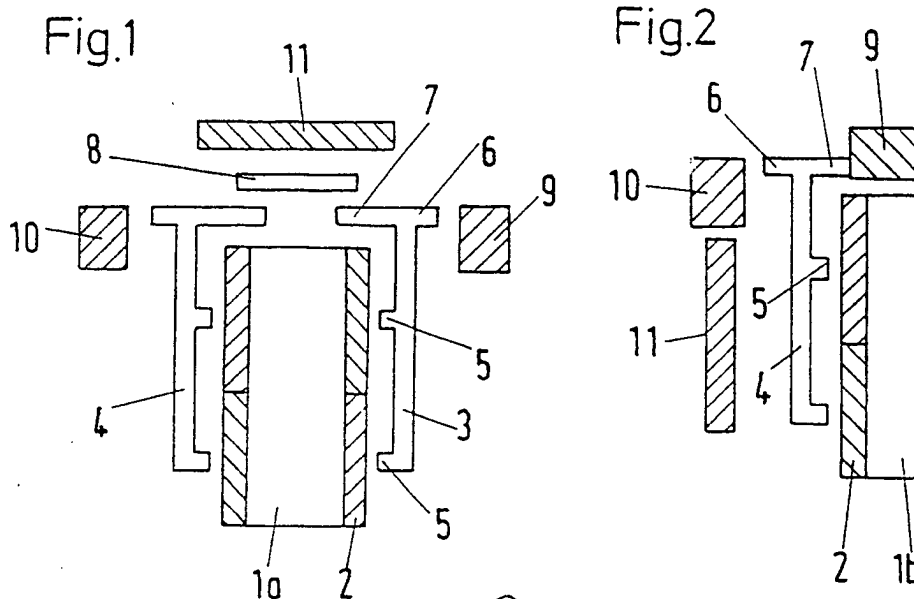


Fig.4

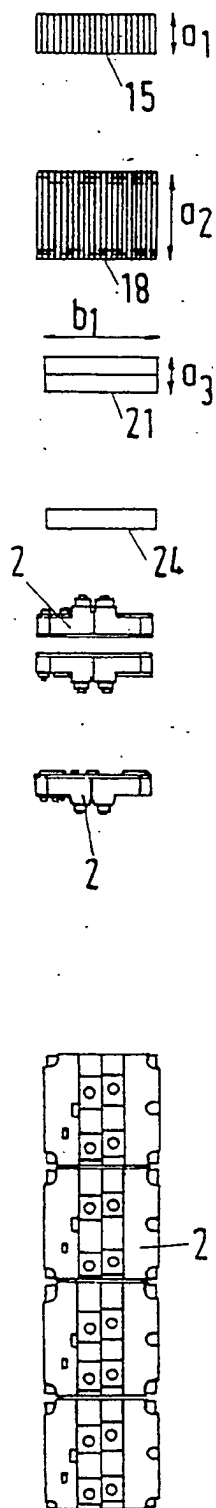


Fig.5

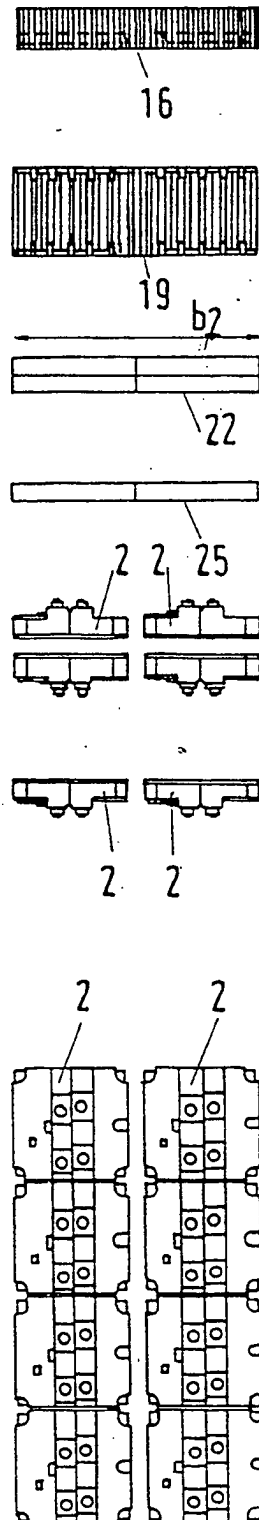


Fig.6

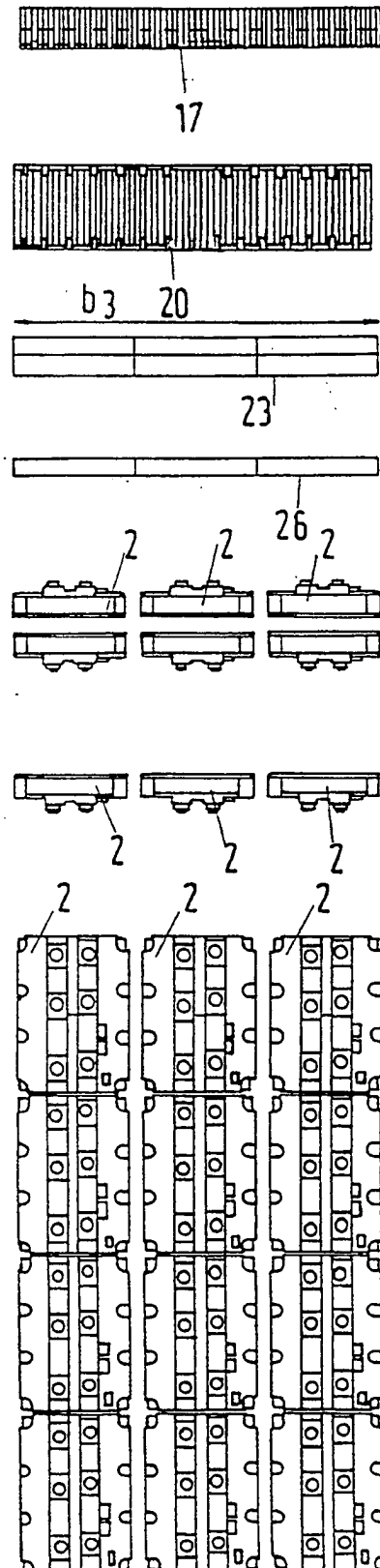


Fig.7

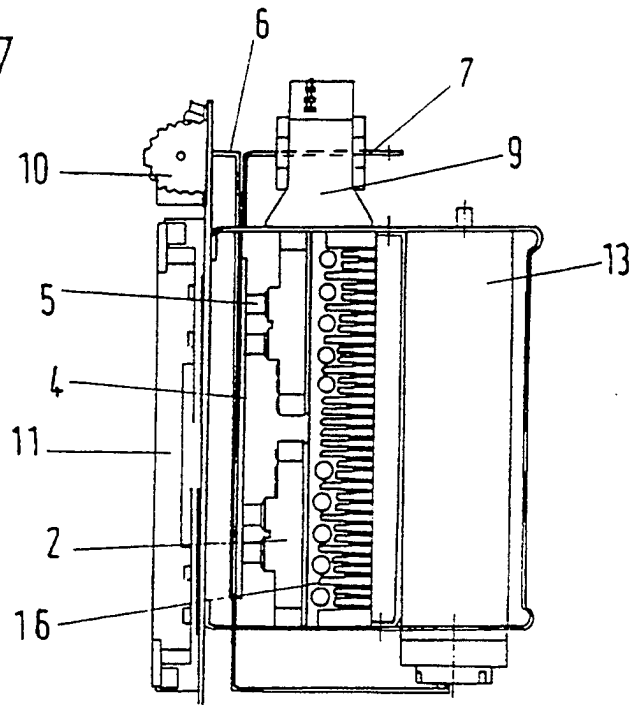


Fig.8

